

Rapid-prototyping method and apparatus

Patent number: DE19948591

Publication date: 2001-04-19

Inventor: EDERER INGO (DE); GRASEGGER JOSEF (DE)

Applicant: GENERIS GMBH (DE)

Classification:

- **international:** B29C67/00; B22C9/10; B22C9/06; B01J19/00;
B81C1/00; B23K26/00

- **european:** B29C67/00L

Application number: DE19991048591 19991008

Priority number(s): DE19991048591 19991008

Also published as:

WO0126885 (A1)

EP1227926 (A1)

US6838035 (B1)

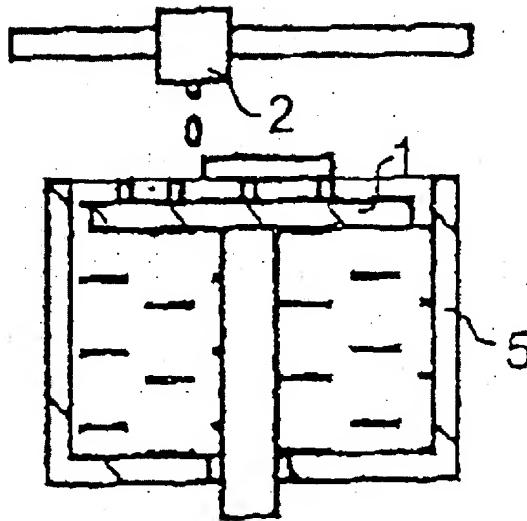
CA2386616 (A1)

EP1227926 (B1)

[Report a data error here](#)

Abstract of DE19948591

A rapid-prototyping production method for producing a structural body by deposition, in several subsequent deposition steps, of subsequent layers of a building material one onto the other. The building material is selectively deposited in each layer in a liquid state in the form of droplets and being caused to solidify when deposited. After deposition, the layer is lowered into a supporting fluid which has a liquid state and has a density which is at least the same as the density of the building material.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 199 48 591 A 1

(51) Int. Cl. 7:
B 29 C 67/00
B 22 C 9/10
B 22 C 9/06
B 01 J 19/00
B 81 C 1/00
// B23K 26/00

(21) Aktenzeichen: 199 48 591.7
(22) Anmeldetag: 8. 10. 1999
(43) Offenlegungstag: 19. 4. 2001

DE 199 48 591 A 1

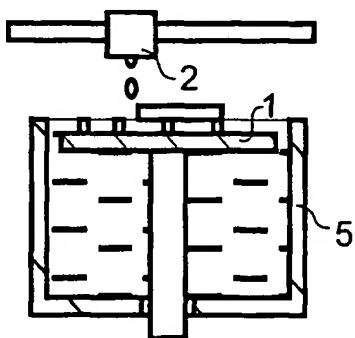
(71) Anmelder: Generis GmbH, 86167 Augsburg, DE	(72) Erfinder: Ederer, Ingo, Dr., 86911 Dießen, DE; Grasegger, Josef, 82467 Garmisch-Partenkirchen, DE
	(56) Entgegenhaltungen: DE 195 24 013 A1 DE 195 15 165 A1 DE 39 42 859 A1 EP 05 81 445 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Rapid-Prototyping - Verfahren und - Vorrichtung

- (57) Ein Rapid-Prototyping-Verfahren und eine Rapid-Prototyping-Vorrichtung zum Ausführen dieses Verfahrens werden geschaffen. Das Rapid-Prototyping-Verfahren weist die folgenden Schritte auf: Fertigen einer Bauteilschicht auf einer Bauunterlage durch selektives Auftragen von Baumaterial mittels Drop-on-Demand Technik; Verfüllen von Ausnehmungen in der Bauteilschicht durch Auftragen einer höheren Dichte als das Baumaterial aufweisenden Supportflüssigkeit, derart, daß die Oberseite der Bauteilschicht und die Supportflüssigkeit eine bündige Oberfläche bilden; Fertigen einer Bauteilschicht auf der bündigen Oberfläche der vorangehenden Schicht durch selektives Auftragen von Baumaterial mittels Drop-on-Demand-Technik, wobei in den von Supportflüssigkeit gebildeten Bereichen der Oberfläche das Baumaterial in einer solchen Abfolge aufgetragen wird, daß es jeweils seitlich an bereits aufgetragene Teile der Bauteilschicht angebaut wird; Fertigen weiterer Schichten jeweils durch Wiederholen des zweiten und dritten Schrittes; und Trennen des Bauteils von der Supportflüssigkeit.



DE 199 48 591 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Bauteilen, insbesondere von Giessformen oder Giesskernen, durch Auftragstechnik (Rapid-Prototyping-Verfahren) sowie eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Rapid-Prototyping-Vorrichtung.

Rapid-Prototyping Verfahren bieten die Möglichkeit, mit einer einzigen Herstellungstechnik unmittelbar aus mit CAD-Programmen erstellten Bauteil-Geometriedaten ein Bauteil herzustellen. Damit erscheint es denkbar, Rapid-Prototyping-Geräte zu bauen, die geeignet sind, in einer nicht speziell für Fertigungsprozesse eingerichteten Umgebung eingesetzt zu werden und von nicht besonders ausgebildeten Personen bedient zu werden. Z. B. sind Geräte für Privatpersonen bzw. Privathaushalte denkbar. Voraussetzung dafür ist einmal, dass genügend einfach aufgebaute und kostengünstige Geräte angeboten werden können, zum anderen, dass Techniken eingesetzt werden, die bei falscher Handhabung keine Sicherheitsrisiken bergen.

Unter den Rapid-Prototyping Verfahren lassen sich zwei Gruppen von Verfahren unterscheiden, solche, bei denen vollflächig aufgetragenes Material selektiv gebunden wird (selektive Bindung), und solche bei denen Material von vorneherein selektiv aufgetragen (selektives Auftragen) und gebunden wird.

Verfahren des selektiven Bindens, also der ersten Gruppe, sind z. B. die Stereolithographie und das Selektive-Laser-Sinter-Verfahren (SLS). Bei der Stereolithographie wird eine Schicht eines flüssigen Photopolymerharzes aufgetragen und durch Einbringen von Energie mit einem schwenkbaren Laserstrahl selektiv ausgehärtet (vgl. z. B. EP-0 171 069). Beim SLS-Verfahren (WO 88/02677) wird eine Schicht eines Sintermaterials aufgetragen und unter Einbringen von Energie mit einem schwenkbaren Laserstrahl selektiv angeschmolzen und dadurch gebunden. Die beschriebenen Vorgänge werden jeweils schichtweise wiederholt, um ein räumliches Bauteil auszubilden. Die jeweils nächste Schicht wird von den verfestigten und den nicht verfestigten Teilen der vorherigen Schicht abgestützt.

Sowohl die Stereolithographie als auch das SLS-Verfahren sind aber für den Einsatz in Privathaushalten ungeeignet. Die verwendete Lasertechnik ist zum einen zu teuer und zum anderen für den Gebrauch durch unausgebildete Bediener zu gefährlich. Ferner sind die bei der Stereolithographie eingesetzten Polymerharze wegen ihrer Umweltbedenklichkeit nicht für die Verwendung in Privathaushalten geeignet.

Eine andere Strategie der selektiven Bindung kommt ohne Lásertechnik und Photopolymere aus. Bei dem Verfahren gemäß EP-0 431 924 B1 wird eine Schicht von Partikelmaterial abgelagert. Durch selektives Einbringen eines Bindermaterials wird die Partikelmaterialschicht in einem ausgewählten Bereich gebunden und mit der zuletzt vorher gefertigten Schicht verbunden. Dieser Vorgang wird mehrfach wiederholt. Schließlich wird Partikelmaterial entfernt, das nicht durch Bindermaterial benetzt wurde, und das infolgedessen ungebunden ist. Das Bindermaterial kann mittels der aus der Drucktechnik bekannten Drop-on-Demand Druckköpfe kostengünstig aufgebracht werden.

Bei diesem Verfahren sind allerdings die erreichbaren Oberflächengenauigkeiten gering, weil das aufgetragene Bindermaterial sich zum Teil unkontrolliert in dem Partikelmaterial verteilt. Darüber hinaus ist eine sehr aufwendige Apparatur zum schichtweisen Auftragen des Partikelmaterials erforderlich. Daher ist diese Technik für ein Gerät für den Einsatz in Privathaushalten ebenfalls nicht geeignet.

Ein Verfahren des selektiven Auftragens, also der zweiten Gruppe von Rapid-Prototyping Verfahren, ist aus

WO 95/05943 bekannt. Mittels eines Drop-on-Demand Druckkopfes wird ein Baumaterial selektiv aufgetragen. Die übrigen Bereiche werden ebenfalls mittels eines Drop-on-Demand Druckkopfes mit Wachs als Supportmaterial aufgefüllt. Dieser Vorgang wird schichtweise wiederholt, bis das Bauteil fertiggestellt ist.

Wachs lässt sich wie die meisten anderen Fluide allerdings mittels Drop-on-Demand-Druckköpfen wegen der materialbedingten Oberflächenspannungswerte nur in extrem kleinen Tröpfchengrößen verspritzen. Die Fertigung der Supportstruktur ist daher extrem aufwendig und kann bei größeren Modellen zu Fertigungszeiten von mehreren Tagen führen.

Um diese langen Fertigungszeiten zu vermeiden, sind Verfahren entwickelt worden, bei denen zur Bildung der Supportstruktur das Aufspritzen von Wachs durch das Auftragen eines Partikelmaterials oder einer Spachtelmasse mittels eines Schiebers ersetzt ist. Dies erfordert allerdings wiederum einen hohen apparativen Aufwand und sprengt den für ein Gerät für den Privathaushalt akzeptablen Kostenrahmen.

Mit der Erfindung wird das Problem gelöst, ein Rapid-Prototyping-Verfahren und eine Rapid-Prototyping-Vorrichtung zu schaffen, die im Hinblick auf Kosten und Aufwand einerseits und Sicherheitsaspekte andererseits für den Einsatz in Privathaushalten geeignet sind.

Erfindungsgemäß wird das Problem gelöst mit einem Rapid-Prototyping-Verfahren mit den Schritten:

- 30 a) Fertigen einer Bauteilschicht auf einer Bauunterlage durch selektives Auftragen von Baumaterial mittels Drop-on-Demand Technik;
 - b) Verfüllen von Ausnehmungen in der Bauteilschicht durch Auftragen einer eine höhere Dichte als das Baumaterial aufweisenden Supportflüssigkeit derart, daß die Oberseite der Bauteilschicht und die Supportflüssigkeit eine bündige Oberfläche bilden;
 - c) Fertigen einer Bauteilschicht auf der bündigen Oberfläche der vorangehenden Schicht durch selektives Auftragen von Baumaterial mittels Drop-on-Demand Technik, wobei in den von Supportflüssigkeit gebildeten Bereichen der Oberfläche das Baumaterial in einer solchen Abfolge aufgetragen wird, daß es jeweils seitlich an bereits aufgetragene Teile der Bauteilschicht angebaut wird;
 - d) Fertigen weiterer Schichten jeweils durch Wiederholen der Schritte b) und c); und
 - e) Trennen des Bauteils von der Supportflüssigkeit.
- 50 Dadurch dass ein Verfahren des selektiven Auftragens verwendet wird, entfällt der Einsatz von sicherheitstechnisch für den Einsatz in Privathaushalten ungeeigneten Geräten, wie etwa Lasern, und Materialien, wie etwa Photopolymeren.
- 55 Indem als Support eine Flüssigkeit verwendet wird anstelle eines festen Materials oder Schüttguts, wird der apparative Aufwand für das Handling des Supportmaterials signifikant herabgesetzt. Dadurch werden so einfach aufgebaute und so kostengünstige Apparate ermöglicht, dass für 60 Privathaushalte geeignete Geräte ermöglicht werden.
- Mit dem Einsatz der Flüssigkeit als Supportmaterial wird ferner die Trennung des Bauteils von dem Support erheblich vereinfacht.
- Dass beim Einsatz einer Flüssigkeit als Supportmaterial 65 ein gezieltes und hochgenaues Aufbauen des Bauteils überhaupt möglich ist, wird durch die spezielle Abfolge beim Aufbauen der einzelnen Bauteilschicht erreicht. Baumaterial wird immer nur auf festes Baumaterial in der vorange-

henden Bauteilschicht aufgetragen oder seitlich an bereits aufgetragenes Baumaterial der aktuellen Bauteilschicht angebaut. Somit wird ausgeschlossen, dass Baumaterial auf der Supportflüssigkeit von der gewünschten Position weg schwimmt.

Dadurch dass eine Supportflüssigkeit mit einer höheren Dichte als die Dichte des Baumaterials verwendet wird, wird erreicht, dass auf die Supportflüssigkeit aufgetragenes Baumaterial von dieser getragen wird.

Gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Verfüllen der Ausnehmungen in der Bauteilschicht mit Supportflüssigkeit jeweils, indem das Bauteil in einem mit Supportflüssigkeit gefüllten Behälter so weit abgesenkt wird, bis die Bauteilschicht vollständig von Supportflüssigkeit abgedeckt ist, dann so weit angehoben wird, bis die Oberseite der Bauteilschicht und die Oberfläche der Supportflüssigkeit etwa bündig sind und dann mit einem Wischer über die Oberseite der Bauteilschicht gewischt wird.

Gemäß einer zweiten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Verfüllen der Ausnehmungen in der Bauteilschicht mit Supportflüssigkeit, indem mit einer Supportflüssigkeits-Auftragsvorrichtung Supportflüssigkeit auf das Bauteil aufgetragen wird und dann mit einem Wischer über die Oberseite der Bauteilschicht gewischt wird, so dass Supportflüssigkeit von dem Wischer in die Ausnehmungen der Bauteilschicht gedrückt wird.

Das Verfahren gemäß der zweiten bevorzugten Ausführungsform kann ohne einen Supportflüssigkeitsbehälter ausgeführt werden, indem z. B. eine hochviskose Supportflüssigkeit verwendet wird. Gegebenenfalls kann dann eine Auffangwanne für abtropfende Supportflüssigkeit verwendet werden. Es wird jedoch bevorzugt, dass das Bauteil vor dem Auftragen oder während des Auftragens von Supportflüssigkeit auf das Bauteil in einem mit Supportflüssigkeit gefüllten Behälter so weit abgesenkt wird, dass die Oberfläche der in dem Behälter vorhandenen Supportflüssigkeit und die Oberseite des Bauteils eine Ebene bilden. Auf diese Weise wird verhindert, dass die von oben aufgetragene Supportflüssigkeit seitlich abfliesst, und dadurch sichergestellt, dass eine Supportflüssigkeitsschicht von hoher Genauigkeit erzielt wird.

Erfindungsgemäß wird, insbesondere bei Verfahren mit einem Supportflüssigkeitsbehälter, bevorzugt, dass eine Supportflüssigkeit mit einer nur geringfügig höheren Dichte als das Baumaterial, vorzugsweise einer 1,01- bis 2mal so hohen Dichte, weiter vorzugsweise einer 1,05- bis 1,5mal so hohen Dichte, verwendet wird. Dadurch wird einerseits erreicht, dass auf die Supportflüssigkeit aufgetragenes Baumaterial von dieser getragen wird, andererseits aber das in den Behälter mit Supportflüssigkeit getauchte Bauteil keinen wesentlichen Auftrieb erhält, was zu hohen Krafteinwirkungen und somit zu Beschädigungen führen würde.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist unter einer eine höhere Dichte als das Baumaterial aufweisenden Supportflüssigkeit eine Supportflüssigkeit mit einer identischen oder einer geringfügig geringeren Dichte als der des Baumaterials zu verstehen, wenn aufgrund von Oberflächenspannungseffekten oder anderen physikalischen Effekten das aufgetragene Baumaterial von der Supportflüssigkeit getragen wird. Z. B. kann die Dichte der Supportflüssigkeit 99%, 95%, 90% oder 50% der Dichte des Baumaterials betragen.

Erfindungsgemäß ist es möglich, dass außer dem flüssigen Support keine weiteren Supportstrukturen vorgesehen sind. Bevorzugt werden bei allen erfindungsgemäßen Ausführungsformen Supportstrukturen vorgesehen, die bei der

Fertigung des Bauteils aus dem Baumaterial mitgefertigt werden. Nach der Fertigstellung des Bauteils werden diese aus dem Baumaterial bestehenden Supportstrukturen entfernt. Solche Supportstrukturen erhöhen die Stabilität des

- 5 Bauteils. Insbesondere wird die Stabilität des im Bau befindlichen halbfertigen Bauteils dadurch erhöht. Ferner ermöglichen derartige Supportstrukturen es, die Fertigungsgeschwindigkeit bezüglich der einzelnen Schicht zu erhöhen. Werden größere Bereiche einer Bauteilschicht auf Bereiche
- 10 der vorangehenden Schicht gebaut, die aus Supportflüssigkeit bestehen, führt das Erfordernis, dass Material immer nur seitlich an bereits aufgetragenes Material der aktuellen Schicht angebaut werden kann, zu verhältnismäßig langen Fertigungszeiten. Kann zusätzlich von Supportstrukturen ausgehend Material aufgetragen werden, kann dadurch die Fertigungsgeschwindigkeit erhöht werden.

Insbesondere bietet es sich an, die erste Bauteilschicht, die unmittelbar auf die Bauunterlage gebaut wird, ausschließlich aus einzelnen stiftförmigen Supportstrukturen zu

- 20 bauen. Auf diese Weise wird ausgeschlossen, dass unmittelbar auf die Bauunterlage eine vollflächige Schicht gebaut wird, was zu Schwierigkeiten bei der Trennung des Bauteils von der Bauunterlage führen würde.

Als Baumaterial kann erfindungsgemäß ein Material dienen, das sich für das selektive Aufbringen mittels Drop-on-Demand-Technik eignet. Bevorzugt wird als Baumaterial ein Wachs verwendet. Dies ist ohne umwelt- und gesundheitsschädigende Wirkung und daher besonders gut für den Einsatz in Geräten für den Privathaushalt geeignet.

- 25 30 Als Supportflüssigkeit wird bevorzugt eine Glycerinlösung verwendet. Auch Glycerinlösung ist umweltverträglich und birgt keine Sicherheitsrisiken.

Weiter vorzugsweise wird ein beheizter Wischer verwendet. Dadurch wird die Neigung der Supportflüssigkeit vermindert, an dem Wischer festzukleben. Infolgedessen lässt sich eine glattere Oberfläche der aufgetragenen Supportflüssigkeit erzielen.

- 35 Unter selektivem Auftragen wird im Sinne dieser Erfindung ein Auftragen in den Teilbereichen verstanden, die 40 dem geometrischen Querschnitt des zu fertigenden Bauteils in der jeweiligen Schicht entsprechen. Die Steuerung des verfahrbaren Dosiergeräts zwecks Auftragens des Wachses erfolgt auf der Basis der geometrischen Daten des Bauteils, die z. B. als CAD-Datei vorliegen.

Unter Vorzugsweise werden die Bauteilschichten in einer Dicke zwischen 0,05 und 1 mm gefertigt. Durch die Wahl einer Schichtdicke innerhalb dieses Bereichs wird ein optimaler Kompromiss zwischen Fertigungsgenauigkeit und erreichbarer Aufbaugeschwindigkeit eingegangen. Ferner stellt das 45 50 Auftragen der Supportflüssigkeit bei Schichtdicken unterhalb 0,05 mm wegen der Wirkungen der Oberflächenspannungen erhöhte Anforderungen an die Wischeranordnung und die Eigenschaften der Supportflüssigkeit, was kostensteigernd wirkt.

- 55 Bevorzugt wird die Stärke der Bauteilschichten abhängig von der Komplexität der zu erstellenden Schichten und/oder dem Ausmass der Geometrieveränderungen von Schicht zu Schicht variiert. Wenn z. B. die Gestalt mehrerer aufeinanderfolgender Bauteilschichten identisch ist, wird durch Vergrößern der Schichtdicke ohne Einbußen in der Genauigkeit die Aufbauzeit vermindert.

Die Vorrichtung betreffend wird das Problem erfindungsgemäß gelöst mit einer Rapid-Prototyping-Vorrichtung, aufweisend einen nach oben offenen Supportflüssigkeitsbehälter, eine in dem Supportflüssigkeitsbehälter vertikal verfahrbare Bauunterlage, eine über der Bauunterlage flächig horizontal verfahrbare Drop-on-Demand-Auftragsvorrichtung und einen über der Bauunterlage horizontal verfahrbaren

Wischer.

Eine Variante der erfindungsgemäßen Rapid-Prototyping-Vorrichtung weist keine besondere Supportflüssigkeits-Auftragsvorrichtung auf. Das Aufbringen von Supportflüssigkeit auf das Bauteil und das Verfüllen der Ausnehmungen in der zuletzt gefertigten Bauteilschicht erfolgt dann dadurch, dass die Bauunterlage so weit abgesenkt wird, bis das Bauteil vollständig von der in dem Supportflüssigkeitsbehälter vorhandenen Supportflüssigkeit bedeckt ist, und anschließend wieder angehoben wird.

Eine andere Variante der erfindungsgemäßen Rapid-Prototyping-Vorrichtung weist eine zusätzliche Supportflüssigkeits-Auftragsvorrichtung auf, von der eine Supportflüssigkeit flächendeckend auftragbar ist.

Die Supportflüssigkeits-Auftragsvorrichtung kann z. B. als flächig verfahrbare Einzeldüse oder als flächig ausgebildetes Düsenfeld ausgebildet sein. Bevorzugt weist die Supportflüssigkeits-Auftragsvorrichtung einen horizontal verfahrbaren Stutzen mit einer Düsenreihe auf, in den der Wischer integriert ist.

Bevorzugt weist die Supportflüssigkeits-Auftragsvorrichtung eine Niveau-Erkennung auf, d. h. eine Sensorik, von der das aktuelle Niveau der Supportflüssigkeitsoberfläche in den Ausnehmungen der zuletzt gefertigten Bauteilschicht detektierbar ist. Mit einer geeigneten Steuervorrichtung ist die Supportflüssigkeits-Auftragsvorrichtung auf der Basis der so detektierten Werte steuerbar.

Für alle Vorrichtungsvarianten wird bevorzugt, dass der Wischer heizbar ausgebildet ist. Dadurch wird die Neigung der Supportflüssigkeit vermindert, an dem Wischer festzukleben. Infolgedessen lässt sich eine glattere Oberfläche der aufgetragenen Supportflüssigkeit erzielen.

Erfindungsgemäß ist es möglich, dass der Wischer derart ausgebildet ist, dass gleichzeitig mit dem Glattstreichen der Supportflüssigkeitsoberfläche ein mechanisches Abtragen von Unebenheiten in der Oberfläche der zuletzt gefertigten Bauteilschicht ausgeführt wird, d. h. eine sogenannte Z-Korrektur. Dazu kann der Wischer z. B. als scharfe Klinge ausgebildet sein. Dies hat den Vorteil, dass eine höhere Bau- teilgenauigkeit erreicht wird.

Bevorzugt ist der Wischer jedoch derart ausgebildet, dass Unebenheiten in der Oberfläche der zuletzt gefertigten Bauteilschicht beim Wischen zum Glattstreichen der Oberfläche der Supportflüssigkeit nicht abgetragen, sondern toleriert werden. Dies kann z. B. mit einem Wischer mit einer Gummilippe erreicht werden. Bei einer solchen Ausführungsform wird zwar in Kauf genommen, dass Unregelmäßigkeiten in der Höhe innerhalb der einzelnen Bauteilschicht nicht ausgeglichen werden. Da sich die Unregelmäßigkeiten bei der Fertigung zahlreicher Schichten statistisch ausgleichen, bleibt die Verschlechterung der Bauteilgenauigkeit in einem akzeptablen Rahmen. Durch das Verzichten auf ein mechanisches Abtragen wird das damit verbundene Risiko von Beschädigungen des Bauteils durch den Wischer vermieden. Dieses Risiko ist im Zusammenhang mit den erfindungsgemäß verwendeten Baumaterialien besonders hoch.

Als Drop-on-Demand-Auftragsvorrichtung kann erfindungsgemäß eine geeignete Vorrichtung dienen. Bevorzugt findet ein Druckkopf mit Piezotechnik Verwendung. Bevorzugt werden dabei Vorrichtungen mit einer großen Anzahl von Düsen eingesetzt. Besonders wird ein Druckkopf mit Piezopaddel-Technik bevorzugt. Unter Piezopaddel-Technik ist die Verwendung eines Piezobiegewandlers zu verstehen, der mit dem einen Ende befestigt ist und dessen anderem auskragenden Ende benachbart die Düsenöffnung angeordnet ist, durch die der Piezobiegewandler mittels einer Paddelbewegung Fluid ausstößt.

Verfahren und Vorrichtung gemäß der Erfindung eignen

sich zwar besonders gut für Privathaushalte. Der Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist aber nicht auf Privathaushalte beschränkt.

Ausführungsformen der Erfindung werden in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1a bis 1g schematisch die einzelnen Verfahrensschritte einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2a bis 2g schematisch die einzelnen Verfahrensschritte einer anderen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, die geeignet ist, das Verfahren gemäß Fig. 1a bis 1g auszuführen; und

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, die geeignet ist, das Verfahren gemäß Fig. 2a bis 2g auszuführen.

Aus Fig. 3 ist der Aufbau einer Rapid-Prototyping-Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ersichtlich. Die Vorrichtung weist einen nach oben offenen mit Supportflüssigkeit gefüllten Supportflüssigkeitsbehälter 5 auf, in dem vertikal verfahrbar eine Bauunterlage 1 angeordnet ist. Über der Bauunterlage 1 ist flächig horizontal verfahrbar eine Drop-on-Demand-Auftragsvorrichtung 2 vorgesehen. Ferner ist ein Wischer 4 vorgesehen, der über der Bauunterlage horizontal verfahrbar ist.

Aus Fig. 1a bis 1g ist die prinzipielle Funktionsweise der aus Fig. 3 ersichtlichen Rapid-Prototyping-Vorrichtung ersichtlich. Diese entspricht einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. In der Folge werden einzeln die aus den Fig. 1a bis 1g ersichtlichen Verfahrensschritte beschrieben:

Wie aus Fig. 1a ersichtlich ist, ragt zunächst die Bauunterlage 1 aus der in dem Supportflüssigkeitsbehälter 5 vorhandenen Supportflüssigkeit heraus, die eine geringfügig höhere Dichte als das nachfolgend verwendete Baumaterial aufweist. Durch Verfahren der Drop-on-Demand-Auftragsvorrichtung 2 und selektives Auftragen von Baumaterial wird auf der Bauunterlage 1 eine erste Bauteilschicht gefertigt. Diese erste Bauteilschicht besteht hier ausschließlich aus einer festen Supportstruktur.

Wie aus Fig. 1b ersichtlich ist, wird die Bauunterlage 1 mit der ersten Bauteilschicht in das Bad von Supportflüssigkeit abgesenkt, bis die Bauteilschicht vollständig von Supportflüssigkeit abgedeckt ist.

Anschließend wird die Bauunterlage 1 so weit angehoben, bis die Oberseite der Bauteilschicht und die Oberfläche der Supportflüssigkeit bündig sind, wie aus Fig. 1c ersichtlich ist. Dann wird mit dem beheizten Wischer 4 über die Oberseite der Bauteilschicht gewischt, so dass eine glatte Oberfläche aus der Oberseite der Bauteilschicht und der Supportflüssigkeit entsteht. Die Ausnehmungen in der Bauteilschicht sind dadurch vollständig mit Supportflüssigkeit verfüllt.

Wie aus Fig. 1d ersichtlich ist, wird nun auf der so gebildeten bündigen Oberfläche durch flächig horizontales Verfahren der Drop-on-Demand-Auftragsvorrichtung 2 und selektives Auftragen von Baumaterial eine weitere Bauteilschicht gebildet. Nunmehr handelt es sich bereits um Strukturen des eigentlichen Bauteils, nicht lediglich der festen Supportstruktur. Beim Auftragen des Baumaterials zum Bilden der Bauteilschicht wird vorgegangen wie folgt. Zunächst wird Baumaterial auf einem Bereich der Oberfläche der vorangehenden Schicht aufgetragen, der von festen Strukturen aus Baumaterial gebildet ist. Das aufgetragene Baumaterial verbindet sich mit dem Baumaterial der vorangehenden Schicht und kann daher nicht in der Supportflüssigkeit wegschwimmen. Dann wird Baumaterial auf Berei-

chen der Oberfläche der vorangehenden Schicht aufgetragen, die von Supportflüssigkeit gebildet sind. Dabei wird allerdings weiteres Baumaterial stets nur in Bereichen aufgetragen, die unmittelbar solchen Bereichen benachbart sind, in denen vorher bereits Baumaterial aufgetragen worden ist. Das auf die Supportflüssigkeit auftreffende Baumaterial kommt dann mit dem Auftreffen gleichzeitig mit bereits aufgetragenem Baumaterial in Kontakt und verbindet sich mit diesem. Dadurch kann auch dieses Baumaterial nicht durch Flüssigkeitsbewegungen in der Supportflüssigkeit davon schwimmen. Auf diese Weise wird so lange weiteres Baumaterial seitlich an bereits aufgetragene Teile der Bauteilschicht angebaut, bis die Bauteilschicht fertiggestellt wird.

Die aus den Fig. 1b bis 1d ersichtlichen Verfahrensschritte werden wiederholt, bis alle Bauteilschichten fertiggestellt sind, wie in Fig. 1e dargestellt ist.

Wie aus Fig. 1f ersichtlich ist, wird dann die Bauunterlage mit dem kompletten Bauteil aus dem Supportflüssigkeitsbehälter 5 mit Supportflüssigkeit herausgefahren; so daß die Supportflüssigkeit von dem Bauteil ablaufen kann.

Wie aus Fig. 1g ersichtlich ist, werden nun in dem Bauteil vorgesehene feste Supportstrukturen durch mechanische Bearbeitung abgetrennt, um das gewünschte Produkt fertigzustellen.

Aus Fig. 4 ist der Aufbau einer Rapid-Prototyping-Vorrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung ersichtlich. Die Vorrichtung weist einen nach oben offenen mit Supportflüssigkeit gefüllten Supportflüssigkeitsbehälter 5 auf, in dem vertikal verfahrbar eine Bauunterlage 1 angeordnet ist. Über der Bauunterlage 1 ist flächig horizontal verfahrbar eine Drop-on-Demand-Auftragsvorrichtung 2 vorgesehen. Eine Supportflüssigkeits-Auftragsvorrichtung 3 weist einen über der Bauunterlage 1 horizontal verfahrbaren Stutzen 31 mit einer Düsenreihe 32 auf. In den Stutzen 31 ist ein heizbarer Wischer 4 integriert.

Aus Fig. 2a bis 2g ist die prinzipielle Funktionsweise der aus Fig. 4 ersichtlichen Rapid-Prototyping-Vorrichtung ersichtlich. Diese entspricht einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. In der Folge werden einzeln die aus den Fig. 2a bis 2g ersichtlichen Verfahrensschritte beschrieben:

Wie aus Fig. 2a ersichtlich ist, ragt zunächst die Bauunterlage 1 aus der in dem Supportflüssigkeitsbehälter 5 vorhandenen Supportflüssigkeit heraus, die eine geringfügig höhere Dichte als das nachfolgend verwendete Baumaterial aufweist. Durch Verfahren der Drop-on-Demand-Auftragsvorrichtung 2 und selektives Auftragen von Baumaterial wird auf der Bauunterlage 1 eine erste Bauteilschicht gefertigt. Diese erste Bauteilschicht besteht hier ausschließlich aus einer festen Supportstruktur.

Wie aus Fig. 2b ersichtlich ist, wird die Bauunterlage 1 mit der ersten Bauteilschicht in dem Supportflüssigkeitsbehälter 5 abgesenkt, bis die Oberfläche der in diesem vorhandenen Supportflüssigkeit und die Oberseite des Bauteils eine Ebene bilden.

Anschließend wird, wie aus Fig. 2c ersichtlich ist, der Stutzen 31 mit der Düsenreihe 32 über der Bauunterlage 1 verfahren, wobei auf das Bauteil Supportflüssigkeit aufgetragen wird. Der in den Stutzen 31 integrierte beheizte Wischer 4 wird gleichzeitig über die Oberseite der Bauteilschicht gezogen, so daß Supportflüssigkeit in die Ausnehmungen in der Bauteilschicht gedrückt wird, diese vollständig mit Supportflüssigkeit verfüllt werden und eine glatte Oberfläche aus der Oberseite der Bauteilschicht und der Supportflüssigkeit entsteht.

Die aus den Fig. 2d bis 2g ersichtlichen Verfahrensschritte entsprechen den oben im Zusammenhang den Fig. 1d bis 1g beschriebenen Verfahrensschritten.

Patentansprüche

1. Rapid-Prototyping-Verfahren mit den Schritten:
 - a) Fertigen einer Bauteilschicht auf einer Bauunterlage durch selektives Auftragen von Baumaterial mittels Drop-on-Demand Technik;
 - b) Verfüllen von Ausnehmungen in der Bauteilschicht durch Auftragen einer eine höhere Dichte als das Baumaterial aufweisenden Supportflüssigkeit derart, daß die Oberseite der Bauteilschicht und die Supportflüssigkeit eine bündige Oberfläche bilden;
 - c) Fertigen einer Bauteilschicht auf der bündigen Oberfläche der vorangehenden Schicht durch selektives Auftragen von Baumaterial mittels Drop-on-Demand Technik, wobei in den von Supportflüssigkeit gebildeten Bereichen der Oberfläche das Baumaterial in einer solchen Abfolge aufgetragen wird, daß es jeweils seitlich an bereits aufgetragene Teile der Bauteilschicht angebaut wird;
 - d) Fertigen weiterer Schichten jeweils durch Wiederholen der Schritte b) und c); und
 - e) Trennen des Bauteils von der Supportflüssigkeit.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfüllen der Ausnehmungen in der Bauteilschicht mit Supportflüssigkeit jeweils erfolgt, indem das Bauteil in einem mit Supportflüssigkeit gefüllten Behälter so weit abgesenkt wird, bis die Bauteilschicht vollständig von Supportflüssigkeit abgedeckt ist, danach so weit angehoben wird, bis die Oberseite der Bauteilschicht und die Oberfläche der Supportflüssigkeit etwa bündig sind und dann mit einem Wischer über die Oberseite der Bauteilschicht gewischt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfüllen der Ausnehmungen in der Bauteilschicht mit Supportflüssigkeit erfolgt, indem mit einer Supportflüssigkeits-Auftragsvorrichtung Supportflüssigkeit auf das Bauteil aufgetragen wird und dann mit einem Wischer über die Oberseite der Bauteilschicht gewischt wird, so daß Supportflüssigkeit von dem Wischer in die Ausnehmungen der Bauteilschicht gedrückt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Bauteil vor dem Auftragen von Supportflüssigkeit auf das Bauteil in einem mit Supportflüssigkeit gefüllten Behälter so weit abgesenkt wird, dass die Oberfläche der in dem Behälter vorhandenen Supportflüssigkeit und die Oberseite des Bauteils eine Ebene bilden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine Supportflüssigkeit mit einer geringfügig höheren Dichte als das Baumaterial, vorzugsweise einer 1,01- bis 2mal so hohen Dichte, weiter vorzugsweise einer 1,05- bis 1,5mal so hohen Dichte, verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei nach der Fertigstellung des Bauteils darin vorhandene aus dem Baumaterial bestehende Supportstrukturen entfernt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei als Baumaterial ein Wachs verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei als Supportflüssigkeit eine Glycerinlösung verwendet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei ein beheizter Wischer verwendet wird.
10. Rapid-Prototyping-Vorrichtung mit einem nach oben offenen Supportflüssigkeitsbehälter (5), einer in dem Supportflüssigkeitsbehälter (5) vertikal verfahrbaren Bauunterlage (1), einer über der Bauunterlage flä-

chig horizontal verfahrbaren Drop-on-Demand-Auftragsvorrichtung (2) und einem über der Bauunterlage (1) horizontal verfahrbaren Wischer (4).

11. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 10,
die eine Supportflüssigkeits-Auftragsvorrichtung (3) 5
aufweist, von der eine Supportflüssigkeit flächendek-
kend auftragbar ist.

12. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 11,
wobei die Supportflüssigkeits-Auftragsvorrichtung (3)
einen horizontal verfahrbaren Stutzen (31) mit einer 10
Düsenreihe (32) aufweist, in den der Wischer (4) inte-
griert ist.

13. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach einem der
Ansprüche 10 bis 12, wobei der Wischer (4) heizbar ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

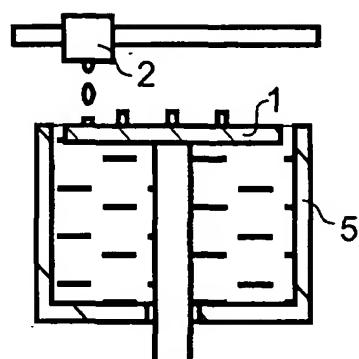


Fig. 1a

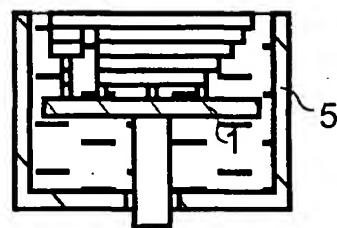


Fig. 1e

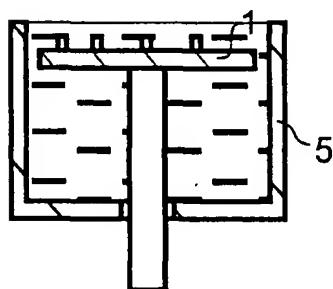


Fig. 1b

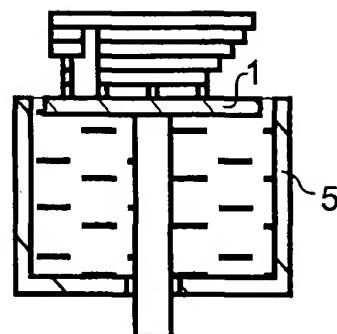


Fig. 1f

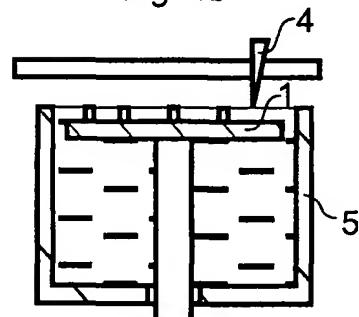


Fig. 1c

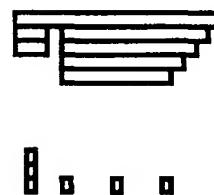


Fig. 1g

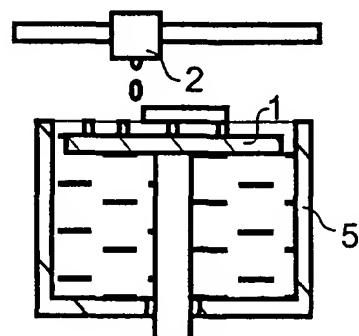


Fig. 1d

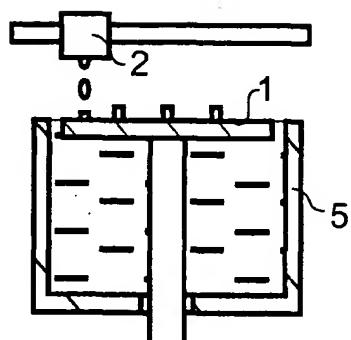


Fig. 2a

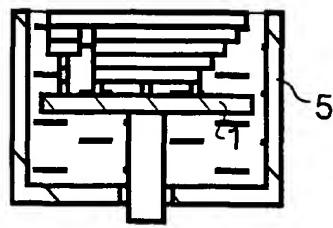


Fig. 2e

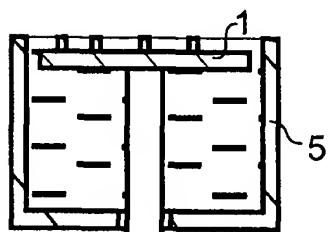


Fig. 2b

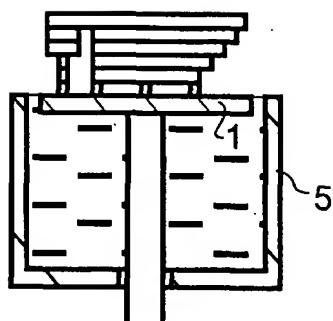


Fig. 2f

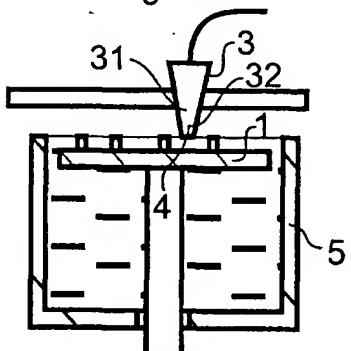


Fig. 2c

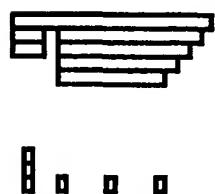


Fig. 2g

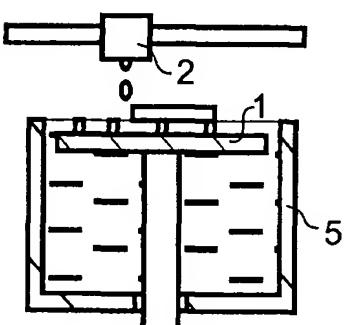


Fig. 2d

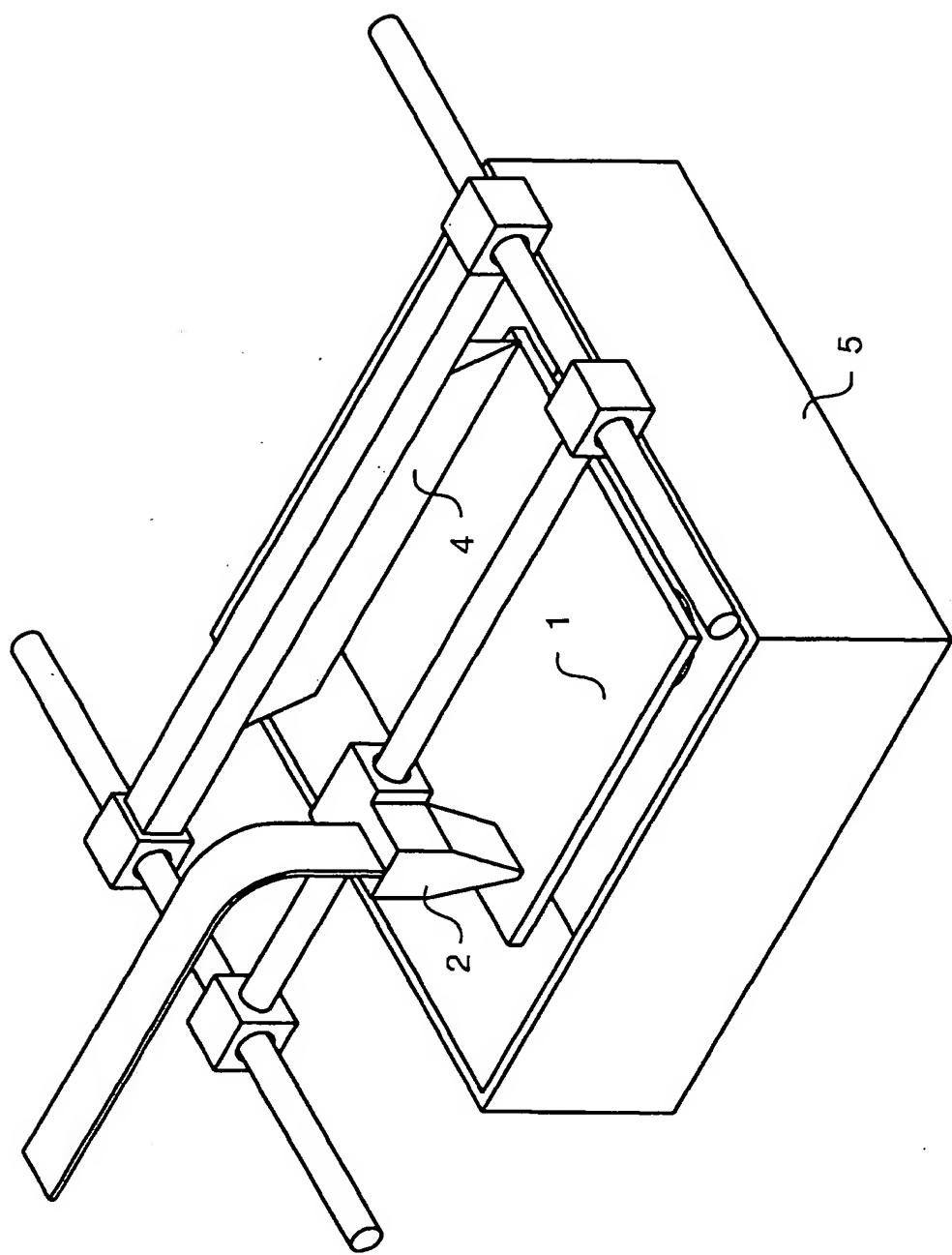


Fig. 3

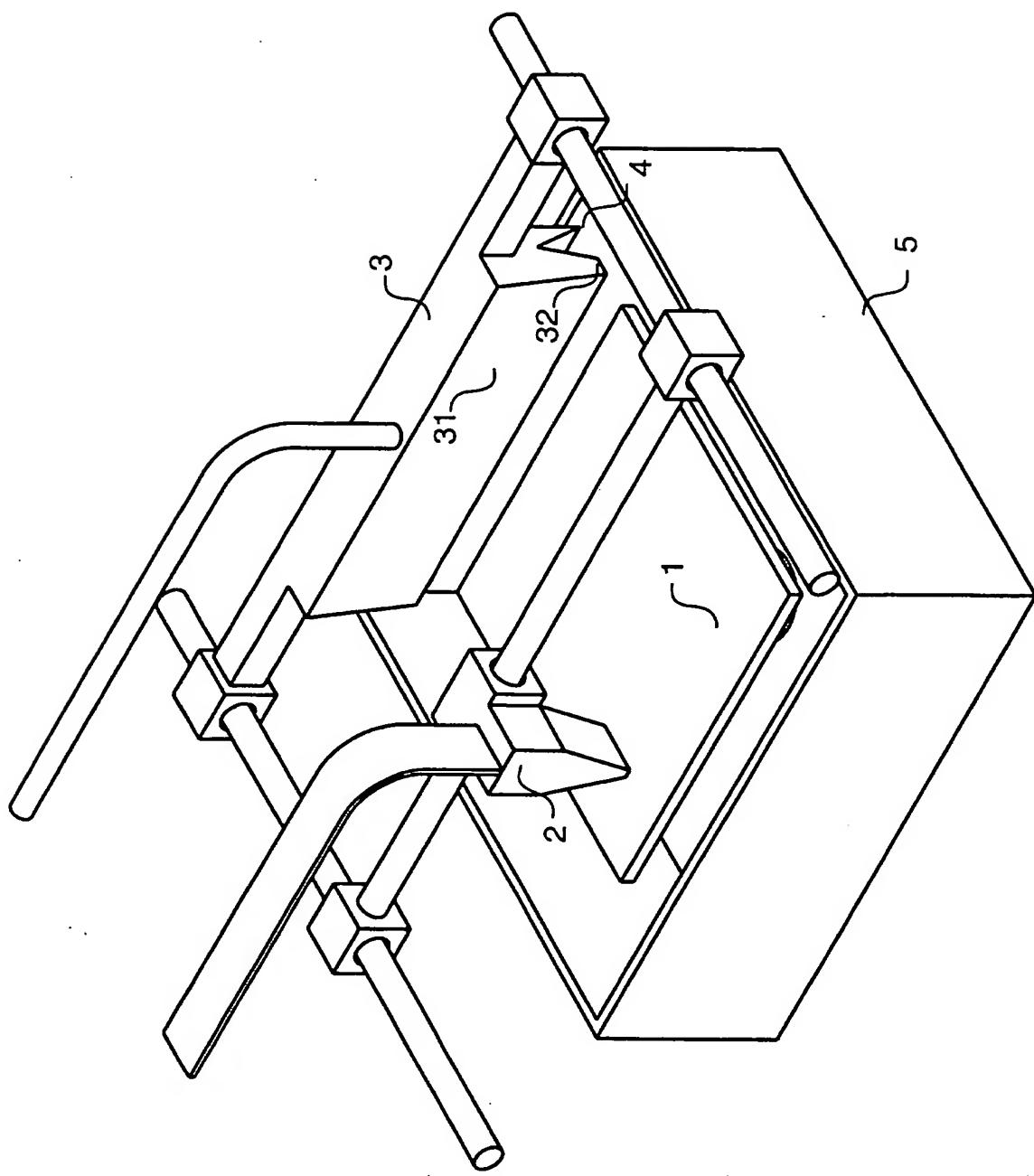


Fig. 4